

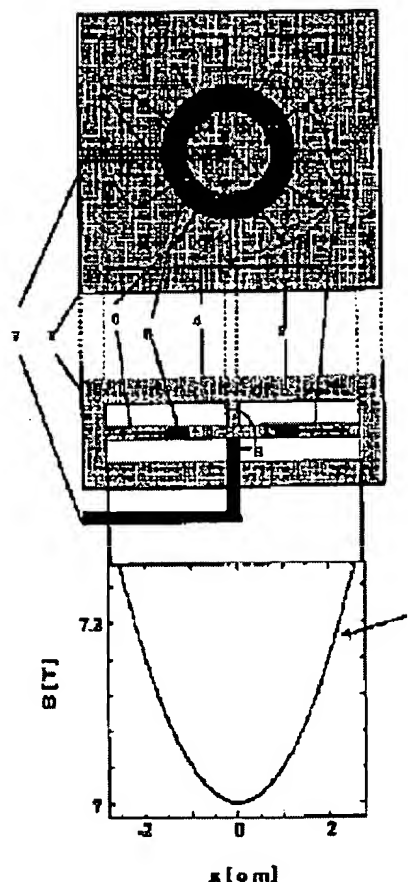
## MEASURING METHOD FOR SUSCEPTIBILITY OF LIQUID OR SOLID- LIQUID MIXTURE

Patent number: JP2000221251  
Publication date: 2000-08-11  
Inventor: AOGAKI RYOICHI  
Applicant: JAPAN SCIENCE & TECH CORP  
Classification:  
- international: G01R33/16; G01R33/16; (IPC1-7): G01R33/16  
- european:  
Application number: JP19990022967 19990129  
Priority number(s): JP19990022967 19990129

Report a data error here

### Abstract of JP2000221251

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a measuring method in which the susceptibility of a liquid or a solid-liquid mixture can be measured simply, quickly and continuously and in which the susceptibility of the liquid or the solid-liquid mixture can be measured even when the sample to be measured is in a trace amount. **SOLUTION:** In a space in which the distribution of a magnetic flux density and that of a magnetic flux density grade are grasped, two solid flat plates 4 are installed in parallel so as to form a space in which their mutual interval becomes constant. A liquid 3 which is different from a liquid or a solid-liquid mixture as an object to be measured is supplied to the space. After that, the liquid or the solid-liquid mixture 5 as the object to be measured is injected into the liquid. The movement speed due to the magnetic force of the liquid or the solid-liquid mixture 5 which is injected is measured. On the basis of the movement speed and on the basis of the distribution 1 of the magnetic flux density and that of the magnetic flux density grade in the known space, the susceptibility of the liquid or the solid-liquid mixture is calculated.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-221251  
(P2000-221251A)

(43) 公開日 平成12年8月11日 (2000.8.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 1 R 33/16

識別記号

F I  
G 0 1 R 33/16

テマコード (参考)  
2 G 0 1 . 7

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-22967

(22) 出願日 平成11年1月29日 (1999.1.29)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成10年10月23日～  
10月24日 社団法人電気化学会開催の「1998年電気化学  
会秋季大会」において文書をもって発表

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72) 発明者 青柿 良一

東京都墨田区両国2-20-12-1304

(74) 代理人 100093230

弁理士 西澤 利夫

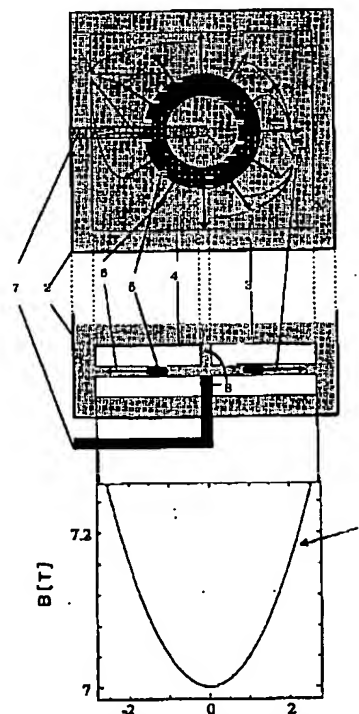
Fターム (参考) 2G017 CA01 CA08 CA15 CB02 CB06

(54) 【発明の名称】 液体または固体液体混合物の磁化率測定方法

(57) 【要約】

【課題】 簡便かつ迅速、また、連続的な測定を可能とし、さらに、微量の測定試料による液体または固体液体混合物の磁化率測定を可能とする。

【解決手段】 磁束密度および磁束密度勾配の分布が把握されている空間中において、2枚の固体平板 (4) を平行に設置して相互の間隔が一定となる空間を形成し、この空間に測定対象である液体または固体液体混合物とは異なる液体 (3) を供給した後この液体に測定対象である液体または固体液体混合物 (5) を注入し、注入された液体または固体液体混合物 (5) の磁気力による移動速度を測定し、移動速度と、既知である空間における磁束密度および磁束密度勾配の分布 (1) から、液体または固体液体混合物の磁化率を算出する。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁束密度および磁束密度勾配の分布が把握されている空間中において、2枚の固体平板を平行に設置して相互の間隔が一定となる空間を形成し、この空間に測定対象である液体または固体液体混合物とは異なる液体を供給した後にこの液体に測定対象である液体または固体液体混合物を注入し、注入された液体または固体液体混合物の磁気力による移動速度を測定し、移動速度と、既知である空間における磁束密度および磁束密度勾配とから、液体または固体液体混合物の磁化率を算出することを特徴とする液体または固体液体混合物の磁化率測定方法。

【請求項2】 磁束密度および磁束密度勾配の分布が把握されている空間中において、直管を設置し、管内の空間に測定対象である液体または固体液体混合物とは異なる液体を供給した後にこの液体に測定対象である液体または固体液体混合物を注入し、注入された液体または固体液体混合物の磁気力による移動速度を測定し、移動速度と、既知である空間における磁束密度および磁束密度勾配とから、液体または固体液体混合物の磁化率を算出することを特徴とする液体または固体液体混合物の磁化率測定方法。

【請求項3】 磁束密度および磁束密度勾配の分布が把握されている空間を形成するために超伝導磁石を用いることを特徴とする請求項1または2の液体または固体液体混合物の磁化率測定方法。

【請求項4】 光学的手段または電気伝導度計により、測定対象である液体または固体液体混合物の移動速度を測定することを特徴とする請求項1または2の液体または固体液体混合物の磁化率測定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この出願の発明は、物質固有の物性値である磁化率を測定する方法に関するものである。さらに詳しくは、この出願の発明は、微量な液体または固体液体混合物の磁化率を、正確かつ迅速、更には連続的に測定するための方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術とその課題】従来、磁化率の測定は、物理化学分野の基礎操作の一つと考えられてきた。この磁化率の測定方法としては、従来では、磁場中において、被測定物質に磁気力を作用させ、磁気力の釣り合いを精密天秤により機械的に測定する方法が一般的に採用されている。しかしながら、この方法においては、測定のための手順が複雑であり、測定に必要となる時間が長く、また、連続的な測定が不可能であった。さらに、この方法では、測定の高精度化のために、検出感度を高くする必要があることから、必然的に一定量以上の被測定物質を必要とし、微量な物質に対する測定が不可能であった。

【0003】近年、磁化率のモニタリングによる化学反

応量の推定や、血液や尿などの磁化率測定による身体状況把握や病状診断など、化学工業や医療の分野において、磁化率測定への関心が高まりつつある。このため、以上のような従来の測定方法では対応が困難であった、簡便かつ迅速、また、連続的な測定が可能であり、さらには、被測定物質が微量であっても精度のよい測定が可能な磁化率測定方法の開発が求められていた。

【0004】この出願の発明は、以上の通りの事情に鑑みてなされたものであり、被測定物質に磁気力を作用させ、磁気力の釣り合いを精密天秤により機械的に測定する従来方法の問題点を解消し、簡便かつ迅速、また、連続的な測定が可能であり、さらに、被測定物質が微量であっても精度のよい測定が可能とされる、新しい磁化率の測定方法を提供することを課題としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】この出願の発明は、上記の課題を解決するものとして、まず第一には、磁束密度および磁束密度勾配の分布が把握されている空間中において、2枚の固体平板を平行に設置して相互の間隔が一定となる空間を形成し、この空間に測定対象である液体または固体液体混合物とは異なる液体を供給した後にこの液体に測定対象である液体または固体液体混合物を注入し、注入された液体または固体液体混合物の磁気力による移動速度を測定し、移動速度と、既知である空間における磁束密度および磁束密度勾配とから、液体または固体液体混合物の磁化率を算出することを特徴とする液体または固体液体混合物の磁化率測定方法を提供する。

【0006】また、この出願の発明は、第2には、磁束密度及び磁束密度勾配の分布が把握されている空間中において、直管を設置し、管内の空間に測定対象である液体または固体液体混合物とは異なる液体を供給した後にこの液体に該空間中へ測定対象である液体または固体液体混合物を注入し、注入された液体または固体液体混合物の磁気力による移動速度を測定し、移動速度と、既知である空間における磁束密度および磁束密度勾配とから、液体または固体液体混合物の磁化率を算出することを特徴とする液体または固体液体混合物の磁化率測定方法を提供する。

【0007】さらに、この出願の発明は、第3には、磁束密度および磁束密度勾配の分布が把握されている空間を形成するために超伝導磁石を用いることを特徴とする前記の液体または固体液体混合物の磁化率測定方法を、第4には、光学的手段または電気伝導度計により、測定対象である液体または固体液体混合物の移動速度を測定することを特徴とする前記の液体または固体液体混合物の磁化率測定方法を提供する。

## 【0008】

【発明の実施の形態】この出願の発明は以上のとおりの特徴をもつものであるが、以下にその実施の形態について説明する。この発明の液体または固体液体混合物の磁

化率測定方法においては、例えば図1に示すように、セル(2)の中に2枚の平板(4)を間隔が一定となるよう平行に設置し、2枚の平板(4)間の空間を測定試料である液体または固体液体混合物とは異なる液体(3)で満たす。

【0009】2枚の平板(4)間の表面は平滑で、2枚の平板(4)間の距離は、試料となる液体または固体液体混合物(5)が十分に流動できる程度に設定する。2枚の平板(4)には、それぞれ同位置に小孔(8)が開けられており、一方の平板の小孔には管(7)が連結されており、この管(7)は測定試料となる液体または固体液体混合物(5)を注入するためのものである。

【0010】セル(2)および2枚の平板(4)間の空間を満たしている測定試料である液体または固体液体混合物とは異なる液体(3)は、測定試料である液体または固体液体混合物(5)とは混ざらない非相溶性のものを選択するのが望ましい。測定試料である液体または固体液体混合物(5)と色が異なるものや、電気伝導度の異なるものなどが好ましい。

【0011】この発明の方法においては、空間中には人工的に磁場を発生させているため、空間中の磁束密度分布および磁束密度勾配分布は、2枚の平板(4)間の空間において既知であり、例えば図1のような磁束密度分布(1)を示す。人工的に磁場を発生するため手段としては、磁石などが用いられ、測定を高精度で行うために、高い値の磁場を安定した状態で発生させる必要があるため、超伝導磁石などが用いられることが好ましい。空間中の磁束密度分布は磁石などの設置条件によって異なり、セル形状や平板の形状は、磁束密度分布に応じて適宜に変更される。

【0012】一般に、空間において磁場の強度が異なる場合、物体はその磁化率、磁束密度および磁束密度勾配の積に比例する磁場力を受ける。このため、2枚の平板(4)間の空間における磁束密度分布が、例えば図1に示した磁束密度分布(1)である場合、小孔(8)より測定試料である液体または固体液体混合物(5)を注入すると、測定試料である液体または固体液体混合物(5)が常磁性の場合には、磁場力が小孔を中心に放射方向に働き、該測定試料は試料流動方向(6)の向きにリングが拡大するように移動する。また、測定試料である液体または固体液体混合物(5)が反磁性の場合には、磁束密度分布(1)とは逆に2枚の平板中心において極大値をとるような磁束密度分布を、2枚の平板(4)間の空間に発生させることにより、測定試料は試料流動方向(6)の向きにリングが拡大するように移動する。

【0013】測定試料である液体または固体液体混合物(5)の移動速度の測定方法としては、光学的手段による方法や、センサーを用いる方法が挙げられる。移動速度の測定方法として、光学的手段として、カメラ、ビデ

オカメラ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラなどを用いて、測定試料である液体または固体液体混合物(5)の移動の径時変化を撮影することにより、移動速度を測定する方法や、各種センサーを用いて、電気伝導度計、電位計、磁力計などに出力される測定値を用いて移動速度を測定する方法などが、測定試料である液体または固体液体混合物(5)および測定試料である液体または固体液体混合物とは異なる液体(3)の組み合わせなどの条件に応じて、適宜に選択される。尚、光学的手段により、測定試料である液体または固体液体混合物(5)の速度を測定する場合には、使用される2枚の平板(4)は、透明とする。

【0014】一般に、空間において磁場の強度が異なる場合、物体はその磁化率、磁束密度および磁束密度勾配の積に比例する磁場力を受け、物体の速度は該磁場力と比例関係にある。この発明においては、これらの比例関係を利用し、測定された測定試料である液体または固体液体混合物(5)の移動速度の値と、既知である空間中の磁束密度分布および磁束密度勾配分布の値より、測定試料である液体または固体液体混合物(5)の磁化率を算出する。

【0015】この発明に用いられるセルの内部構成が図1のような場合の具体的な磁化率の算出方法の例を以下に示す。まず、測定試料である液体または固体液体混合物(5)からなるリングの径時変化を測定する。この測定結果を

【0016】

【数1】

$$r_{in}^2 = r_0^2 (F^2 t^2 + 2Ft) \quad (I)$$

【0017】(tは各測定時間、r<sub>in</sub>は測定試料である液体または固体液体混合物(5)からなるリングの各測定時間における平均内径、r<sub>0</sub>は測定試料である液体または固体液体混合物(5)からなるリングの平均内径の初期値、Fは未知係数を示す)を用いて、各測定時間tにおける測定試料である液体または固体液体混合物(5)からなるリングの各測定時間における平均内径r<sub>in</sub>を代入し、最小二乗法などにより当てはめ計算を行い、未知係数Fを算出する。求められた未知係数Fを用いて、

【0018】

【数2】

$$F = \frac{(x' - x_0)h^2}{6\mu_0\eta} B_0\beta \quad (II)$$

【0019】(x'は測定試料である液体または固体液体混合物(5)の磁化率、x<sub>0</sub>は測定試料である液体または固体液体混合物とは異なる液体(3)の磁化率、μ<sub>0</sub>は真空の透磁率、ηは測定試料である液体または固体

液体混合物(5)の粘度、 $h$ は2枚の平板(4)の間隔、 $B_0$ は2枚の平板(4)中心における磁束密度、 $\beta$ は磁束密度係数を示す)より、未知である測定試料である液体または固体液体混合物(5)の磁化率 $x'$ を算出する。ここで、2枚の平板(4)間の空間における磁束密度分布(1)は、平板中心からの距離 $r$ により、次式で表わされる。

【0020】

【数3】

$$B = B_0 + \beta r^2 \quad (\text{III})$$

【0021】このような磁化率算出方法の他に、あらかじめ磁化率が既知である標準溶液を用いて検量線を作成し、その検量線との比較により、液体または固体液体混合物の磁化率を算出する方法も考えられる。この発明の液体または固体液体混合物の磁化率測定方法において、前述の例以外にも、セルの内部構成を以下に示すようにすることも可能である。

【0022】例えば、前述の例同様、図2に示すようにセル(9)の中に2枚の平板(11)を間隔が一定となるように設置し、セル(9)の内部および2枚の平板(11)間の空間を測定試料である液体または固体液体混合物とは異なる液体(10)で満たす。2枚の平板(11)間の表面は平滑で、2枚の平板(11)間の距離は、試料となる液体または固体液体混合物(12)が十分に流動できる程度に設定する。2枚の平板(11)には、それぞれ同位置に小孔(14)が開いており、一方の平板の小孔には管(16)が連結してある。また、2枚の平板(11)の内、下部に設置された平板には円形のスリット(15)が入っており、測定試料となる液体または固体液体混合物(12)を注入するための管(16)と連結されている。

【0023】2枚の平板間の空間における磁束密度分布が、前述の例と同様の磁束密度分布である場合、スリット(15)より測定試料である液体または固体液体混合物(12)を注入すると、測定試料である液体または固体液体混合物(12)が常磁性の場合には、磁場力が小孔を中心に放射方向に働き、該測定試料はリングが拡大するように移動する。一方、測定試料である液体または固体液体混合物(12)が反磁性の場合には、磁場力が常磁性の場合とは逆の方向に働き、該測定試料のリングが収縮するように移動する。管(16)は測定試料となる液体または固体液体混合物(12)が反磁性である場合、測定試料となる液体または固体液体混合物(12)を排出するためのものである。

【0024】また、2枚の平板を用いる代わりに、図3に示すように直管(19)を用いることも可能である。この場合、セル(17)の中に管(19)を設置し、セル(17)の内部および管内の空間を測定試料である液体または固体液体混合物とは異なる液体(18)で満た

す。管(19)の断面形状および断面積は、試料となる液体または固体液体混合物(18)が十分に流動できる限りにおいて任意である。管(19)の長さは、測定条件によって異なる。管(19)には、対象位置に小孔(22)が開けられており、一方の小孔には管(24)が連結してある。さらに、管の下部には2つの小孔(23)が開けられており、2つの小孔(23)のそれぞれは小孔(22)を中心に対称に位置し、また、測定試料となる液体または固体液体混合物(20)を注入するための管(21)と連結されている。

【0025】管内の空間における磁束密度分布が、前述の例と同様の磁束密度分布である場合、小孔(23)より測定試料である液体または固体液体混合物(20)を注入すると、測定試料である液体または固体液体混合物(20)が常磁性の場合には、磁場力が小孔(22)を中心に外向きに働き、該測定試料はそれぞれが離反するように移動する。一方、測定試料である液体または固体液体混合物(20)が反磁性の場合には、磁場力が常磁性の場合とは逆の方向に働き、該測定試料はそれぞれが引き寄せ合うように移動する。管(24)は測定試料となる液体または固体液体混合物(20)が反磁性である場合、測定試料となる液体または固体液体混合物(20)を排出するためのものである。

【0026】以下実施例を示し、さらにこの発明について詳しく説明する。

【0027】

【実施例】以上の液体または固体液体混合物の磁化率測定方法により、実際に硫酸銅溶液の磁化率の測定を実施した。用いられた装置の概要を図4に示す。セル(30)内部の構成は図1に従い、セル(30)の中に2枚の平板を間隔が0.5mmとなるよう平行に設置し、2枚の平板間の空間を水で満たした。2枚の平板には、それぞれ中心に小孔が開けられており、一方の平板の小孔には硫酸銅を注入するためのチューブ(29)が連結され、チューブ(29)の先にはコック(26)の付いた、硫酸銅をためておくための水槽(25)が連結されている。セル(30)は支持台(27)によって超伝導磁石(28)上部より吊るされており、水平に固定されている。超伝導磁石(28)により、セル(30)中の2枚の平板間の空間における磁束密度分布は、図5に示すような分布となり、式(III)において $B_0 = 6.0$  T、 $\beta = 150 \text{ T/m}^2$ である。

【0028】コック(26)を開くことにより、水槽(25)中の硫酸銅が、セル(30)中の2枚の平板間の空間へ注入される。硫酸銅は常磁性体であるから、注入された硫酸銅は磁気力により外側へ移動する。その際、2枚の平板の内の上部に配置された平板に開けられた小孔より、水が流入するため、硫酸銅はリング上に拡散する。この様子は、CCDカメラ(31)により撮影され、ビデオデッキ(36)により録画される。録画さ

れた映像は同時にモニタ(35)に出力される。

【0029】撮影された硫酸銅の拡散の様子を、図6に示す。図6左図は硫酸銅注入後1秒後、右図は硫酸銅注入後1秒後の様子である。ビデオデッキ(36)に録画された硫酸銅の拡散の様子から、測定時間 $t$ における硫

酸銅からなるリングの平均内径を測定した結果を表1に示す。

【0030】

【表1】

$t$ [秒]	$r_{in}$ [m]
0.357	0.00173
0.714	0.00288
1.250	0.00423
1.964	0.00538
2.857	0.00692
3.929	0.00808
5.179	0.00962

【0031】表1の結果を式(I)に代入し、最小二乗法により未知数 $F$ の値は0.1307と算出された。 $F=0.1307$ 、水の体積磁化率 $x_0=-8.94 \times 10^{-6}$ 、真空の透磁率 $\mu_0=1.26 \times 10^{-6} \text{Hm}$ 、硫酸銅の粘度 $\eta=2.39 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 、2枚の平板間隔 $h=5.0 \times 10^{-4} \text{m}$ を、式(II)に代入することにより硫酸銅の体積磁化率 $x'$ の値は1.5と求まる。尚、文献より求められた硫酸銅の体積磁化率の値は1.86である。

【0032】

【発明の効果】この出願の発明の液体または固体液体混合物の磁化率測定方法により、従来技術である被測定物質に磁気力を作用させ、磁気力の釣り合いを精密天秤により機械的に測定する方法を用いても不可能であった、簡便かつ迅速、また、連続的な測定が可能であり、さらに、微量の測定試料による液体または固体液体混合物の磁化率測定が実現した。これにより、磁化率のモニタリングによる化学反応量の推定や、血液や尿などの磁化率測定による身体状況把握や病状診断など、化学工業や医療などの分野への応用も期待される。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の液体または固体液体混合物の磁化率測定に用いられるセル内部における構成の概念図および2枚の平板間の空間における超伝導磁石による磁束密度分布図である。

【図2】この発明の液体または固体液体混合物の磁化率測定に用いられるセル内部における構成の概念図である。

【図3】この発明の液体または固体液体混合物の磁化率測定に用いられるセル内部における構成の概念図である。

【図4】この発明の実施例で用いられた装置の概念図である。

【図5】実施例において、超伝導磁石による2枚の平板間の空間の磁束密度分布図である。

【図6】液体または固体液体混合物の磁化率測定方法の実施例において、CCDカメラにより撮影された試料流体の運動の観察図である。

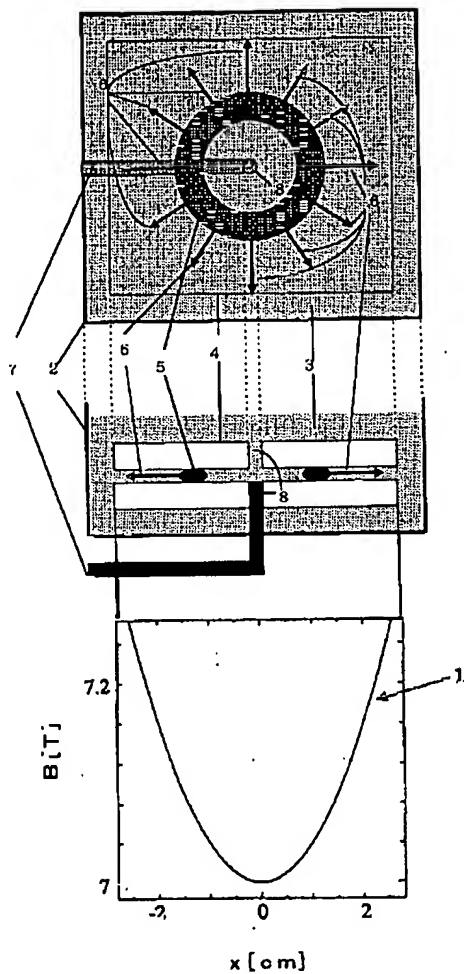
【符号の説明】

- 1 磁束密度分布
- 2 セル
- 3 測定試料である液体または固体液体混合物とは異なる液体
- 4 平板
- 5 測定試料である液体または固体液体混合物
- 6 試料流体移動方向
- 7 試料を注入するための管
- 8 小孔
- 9 セル
- 10 測定試料である液体または固体液体混合物とは異なる液体
- 11 平板
- 12 測定試料である液体または固体液体混合物
- 13 管
- 14 小孔
- 15 スリット
- 16 管
- 17 セル
- 18 測定試料である液体または固体液体混合物とは異なる液体
- 19 管
- 20 測定試料である液体または固体液体混合物
- 21 管
- 22 小孔
- 23 小孔
- 24 管
- 25 水槽
- 26 コック
- 27 支持台
- 28 超伝導磁石

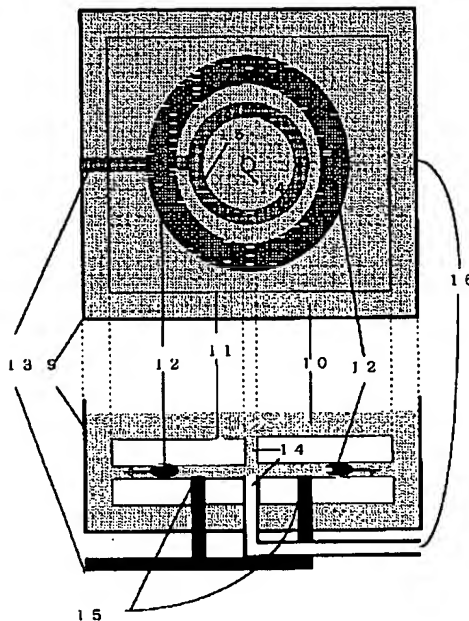
29 管  
30 セル  
31 CCDカメラ  
32 小孔  
33 硫酸銅溶液  
34 水

35 モニタ  
36 ビデオデッキ  
37 硫酸銅溶液  
38 水  
39 小孔

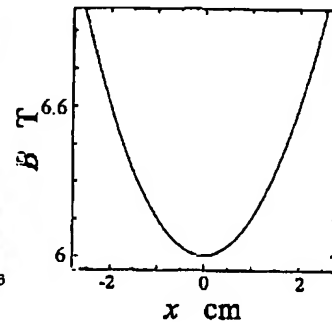
【図1】



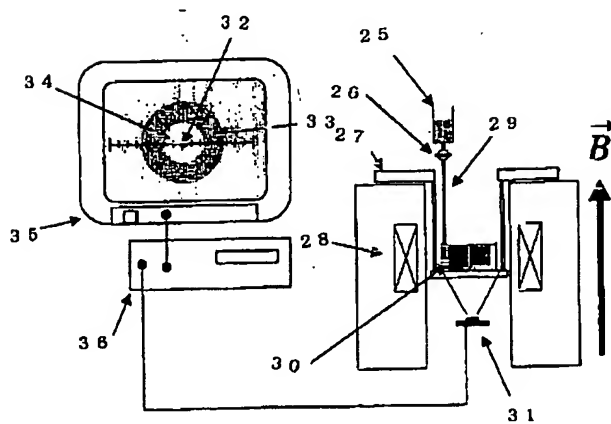
【図2】



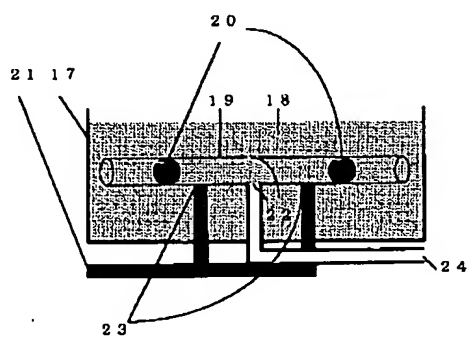
【図5】



【図4】



【図3】



【図6】

